



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 42 35 702 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**G 03 F 7/00**  
G 03 F 7/08  
H 01 L 21/312

⑳ Aktenzeichen: P 42 35 702.0  
㉔ Anmeldetag: 22. 10. 92  
㉕ Offenlegungstag: 28. 4. 94

DE 42 35 702 A 1

- ㉑ Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE
- ㉒ Erfinder:  
Nölscher, Christoph, Dr., 8000 München, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:

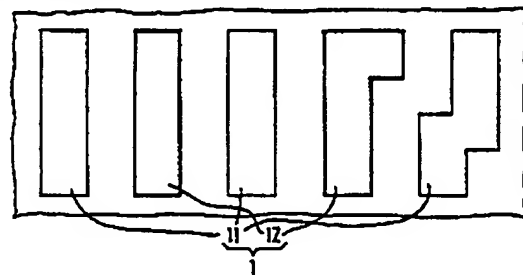
DE 41 13 968 A1  
DE 38 15 850 A1  
DD 2 50 401 A1  
DD 2 50 400 A1  
DD 2 31 452 A1  
EP 00 75 756 A1  
N.N.: Process for fine Line Patterning. In: IBM  
Technical Disclosure Bulletin, Vol.30, No.5, Oct.1987,  
S.382-384;  
HORNG, C.T.;  
LANG, L.H.: Superimposition of Photo- resist Pattern.

In: IBM Technical Disclosure Bulletin,  
Vol.26, No.3B, Aug.1983, S.1728;  
WATANABE, Hisashi;  
et.al.: Silicon-containing resist for phase-shifting  
masks. In: J.Vac.Sci. Technol. B8(6), Nov/Dec 1991,  
S.3436-3438;  
JP 2-140912 A. In: Patents Abstracts of Japan, E-868,  
Aug.17, 1990, Vol.14, No.383;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zur Erzeugung von Strukturen eines Gesamtmusters in der Oberfläche eines Substrats

- ⑤⑦ Es werden mindestens eine erste Maske mit einem ersten Teilmuster (11) und eine zweite Maske mit einem zweiten Teilmuster (12) verwendet. Dabei ergibt die Überlagerung des ersten Teilmusters (11) mit dem zweiten Teilmuster (12) ein Gesamtmuster (1). Der Abstand benachbarter Strukturen in den beiden Teilmustern ist dabei jeweils größer als der Abstand benachbarter Strukturen im Gesamtmuster. Eine erste Fotolackschicht wird zur Bildung einer ersten Fotolackstruktur durch die erste Maske belichtet, danach wird eine zweite Fotolackschicht zur Bildung einer zweiten Fotolackstruktur durch die zweite Maske belichtet. Die erste und die zweite Fotolackstruktur werden als Ätzmasken in mindestens einem Ätzprozeß zur Bildung von Strukturen des Gesamtmusters in der Oberfläche eines Substrats verwendet.



DE 42 35 702 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 03.94 408 017/164

10/48

In vielen Anwendungen, z. B. der Herstellung von mikroelektronischen Schaltungsstrukturen oder der Erzeugung von Gittern insbesondere für Oberflächenwellenfilter oder Halbleiterlaser werden zur Erzeugung von Strukturen in der Oberfläche eines Substrats lithographische Verfahren eingesetzt. Die Erhöhung der Packungsdichte durch Miniaturisierung der Schaltungsstrukturen und Erhöhung der Ortsfrequenz von Gitterstrukturen wird dabei zunehmend durch die Auflösungsgrenze von Belichtungsgeräten begrenzt.

Es gibt daher vielfältige Bemühungen, diese Begrenzung z. B. durch Verwendung von Licht kürzerer Wellenlänge oder von Elektronenstrahlung zu überwinden (s. z. B. B.J. Lin, Proc. SPIE 1264 (1990), pp 2-13; H. Fukuda et al, IEEE Trans. ED-38 (1991), pp 67-75).

Es ist bekannt (s. z. B. H. Fukuda et al, IEEE Trans. ED-38 (1991), pp 67-75; H. Watanabe et al, SPIE 1463 (1991), pp 101-110; H. Jinbo et al, IEDM Technical Digest (1990), 33.31-33.34), die Auflösungsgrenze des verwendeten Belichtungsgerätes durch Einsatz von Phasenmasken zu kleineren Werten zu verschieben. Phasenmasken umfassen mehrere Bereiche, wobei Licht, das verschiedene Bereiche durchstrahlt hat, einen Phasenunterschied aufweist. Diese Bereiche sind so angeordnet, daß Verbreiterungen der Strukturen durch Beugungseffekte durch destruktive Interferenz infolge der Phasenunterschiede reduziert werden.

Weitere Ansätze zur Erzielung kleinerer Strukturen bestehen in einer Nachbehandlung der in dem Lithographieverfahren erzeugten Strukturen. Z. B. werden durch Überbelichtung des Fotolacks schärfere Strukturen erzielt (s. W. Arden, Siemens Forsch- und Entwickl.-Ber. Bd11 (1982), pp 169-173). Eine weitere Möglichkeit besteht in einem lateralen Unterätzen einer Hilfsschicht, die unter der Fotolackstruktur angeordnet ist. Auf diese Weise kann das Ausmaß der in der Hilfsschicht erzeugten Struktur um den Betrag der lateralen Unterätzungen gegenüber dem Ausmaß der Fotolackstruktur reduziert werden (s. R. Burmester et al, Microcircuit Engineering 13 (1991), 473-476). Durch den Einsatz neuartiger Lacksysteme, die z. B. als Zweischichtlacksystem oder Dreischichtlacksystem vorgeschlagen wurden (s. z. B. R. Sezi et al, Proc. SPIE 811 (1987), pp 172-179; H. Anne et al, Siemens Review R & D Special (Spring 1991), pp 23-27; C. Nölscher et al, Proc. SPIE 920 (1988), pp 437-445) wird darüberhinaus der Einsatz von Lichtquellen kürzerer Wellenlänge in den Belichtungsgeräten, der ebenfalls zu einer Verschiebung der Auflösungsgrenze zu kleineren Werten führt, ermöglicht.

Durch chemische Aufweitung von Fotolackstrukturen (s. H. Anne et al, Siemens Review R & D Special (Spring 1991), pp 23-27) oder durch Spacertechniken können darüberhinaus die Abstände benachbarter Fotolackstrukturen unter den durch das lithographische Verfahren bestimmten Wert reduziert werden.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein weiteres Verfahren zur Erzeugung von Strukturen in der Oberfläche eines Substrats anzugeben, mit dem feinere Strukturen herstellbar sind, als dies der Auflösungsgrenze des dabei verwendeten Lithographieverfahrens entspricht.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren nach Anspruch 1.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist auch additiv zu Phasenmasken sowie Tief-,UV-,Röntgen-, Elektronen- und Ionen-Lithographie einsetzbar.

In dem erfindungsgemäßen Verfahren wird das Gesamtmuster der Strukturen in mindestens zwei Teilmuster zerlegt. Die Überlagerung der beiden Teilmuster ergibt dabei das Gesamtmuster. In den Teilmustern weisen benachbarte Strukturen einen größeren Abstand und ein größeres Raster als benachbarte Strukturen im Gesamtmuster auf. Wird das Gesamtmuster in zwei Teilmuster zerlegt, so bedeutet dies bei einem eindimensionalen Gesamtmuster, daß jede zweite Struktur des Gesamtmusters dem einen Teilmuster und die dazwischenliegenden Strukturen des Gesamtmusters dem anderen Teilmuster zugeordnet werden.

Es wird eine erste Maske mit dem ersten Teilmuster und eine zweite Maske mit dem zweiten Teilmuster verwendet. Dabei wird zunächst eine erste Fotolackschicht durch die erste Maske belichtet und entwickelt, so daß eine erste Fotolackstruktur gebildet wird. Danach wird eine zweite Fotolackschicht durch die zweite Maske belichtet und entwickelt, so daß eine zweite Fotolackstruktur gebildet wird. Die erste Fotolackstruktur und die zweite Fotolackstruktur werden anschließend als Ätzmasken bei der Bildung der Strukturen in der Oberfläche des Substrats in einem oder mehreren Ätzprozessen verwendet.

Da in dem erfindungsgemäßen Verfahren die erste Fotolackschicht und die zweite Fotolackschicht jeweils in getrennten Belichtungsschritten durch verschiedene Masken belichtet werden, ist es ausreichend, wenn jedes Teilmuster die Auflösungsgrenze des Belichtungsgerätes berücksichtigt. Das bedeutet, daß der Abstand benachbarter Strukturen in jedem Teilmuster durch die Auflösungsgrenze des Belichtungsgerätes bestimmt wird. Bei Zerlegung des Gesamtmusters in zwei Teilmuster bedeutet dies, daß der Abstand und damit das Raster benachbarter Strukturen in dem Gesamtmuster um einen Faktor 2 kleiner sein kann, als dies durch die Auflösungsgrenze des Belichtungsgerätes gegeben wäre. Bei Zerlegung des Gesamtmusters in mehr als zwei, z. B. drei oder vier, Teilmuster, was ebenfalls im Rahmen der Erfindung liegt, bedeutet dies eine Verbesserung um den Faktor 3 bzw. 4.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird durch die Tatsache ermöglicht, daß in vielen Belichtungsgeräten die Justiergenauigkeit einen kleineren Wert als die praktische Auflösung des Belichtungsgerätes zeigt. In heutigen Belichtungsgeräten hoher numerischer Apertur wird bei Belichtung mit einer Lichtwellenlänge um 200 nm eine praktische Auflösung von 0,5 µm erreicht. Die Justiergenauigkeit in diesen Geräten ist dagegen besser als  $\pm 0,1$  µm.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird auf die Oberfläche des Substrats ganz flächig die erste Fotolackschicht aufgebracht. Nach Bildung der ersten Fotolackstruktur durch Belichtung durch die erste Maske und Entwicklung wird ganz flächig auf die mit der ersten Fotolackstruktur versehene Oberfläche des Substrats die zweite Fotolackschicht aufgebracht. Nach Bildung der zweiten Fotolackstruktur durch Belichtung der zweiten Fotolackschicht durch die zweite Maske und Entwicklung werden die erste Fotolackstruktur und die zweite Fotolackstruktur gemeinsam als Ätzmasken in einem Ätzprozeß zur Bildung der Strukturen des Gesamtmusters verwendet. Zur Bildung feinerer Linien, als es dem Abstand benachbarter Fotolackstrukturen entspricht, kann z. B. die Methode der Überbelichtung oder der Phasenmasken eingesetzt werden.

In einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen

maßen Verfahrens wird auf die Oberfläche des Substrats ganz flächig die erste Fotolackschicht aufgebracht. Nach Bildung der ersten Fotolackstruktur durch Belichten der ersten Fotolackschicht durch die erste Maske wird unter Verwendung der ersten Fotolackstruktur als Ätzmaske ein Ätzprozeß durchgeführt, bei dem in der Oberfläche des Substrats die Strukturen des ersten Teilmusters gebildet werden. Nach Entfernung der ersten Fotolackstruktur wird ganzflächig die zweite Fotolackschicht aufgebracht. Nach Bildung der zweiten Fotolackstruktur durch Belichtung der zweiten Fotolackschicht durch die zweite Maske und Entwicklung wird unter Verwendung der zweiten Fotolackstruktur als Ätzmaske ein Ätzprozeß durchgeführt, in dem die Strukturen des zweiten Teilmusters in der Oberfläche des Substrats gebildet werden. Die Strukturen des ersten Teilmusters und des zweiten Teilmusters ergeben insgesamt das Gesamtmuster.

Eine weitere Verfeinerung der erzielten Strukturen ist dadurch möglich, daß bei der Bildung der Strukturen des Gesamtmusters isotrope Ätzprozesse eingesetzt werden, die so geführt werden, daß Unterätzungen unter die Fotolackstrukturen entstehen. Dadurch können schmalere Stege gebildet werden.

Zur Bildung schmalere Gräben, als es dem Abstand benachbarter Fotolackstrukturen entspricht, liegt es im Rahmen der Erfindung, die Fotolackstrukturen durch eine chemische Aufweitung oder durch Spacer zu verbreitern.

Durch Aufbringen einer Hilfsschicht auf die Oberfläche des Substrats vor dem Aufbringen der ersten Fotolackschicht ist ebenfalls die Erzielung feinerer Strukturen möglich. Die Hilfsschicht ist selektiv zur Oberfläche des Substrats ätzbar. Unter Verwendung der Fotolackstrukturen als Ätzmaske wird die Hilfsschicht strukturiert, wobei Unterätzungen unter die erste Fotolackstruktur und die zweite Fotolackstruktur vorgenommen werden. Dabei wird eine Hilfsstruktur gebildet, die in einem weiteren Ätzprozeß als Ätzmaske zur Strukturierung der Oberfläche des Substrats verwendet wird.

Die Lagegenauigkeit der Teilmuster kann in jedem Fall dadurch verbessert werden, daß die Belichtung mit jeder Maske mehrfach mit jeweils reduzierter Belichtungs-dosis erfolgt. Dabei wird die Maske jeweils zwischen zwei Belichtungen neu justiert. Auf diese Weise kann der statistische Fehler der Maskenjustierung reduziert werden.

Es liegt im Rahmen der Erfindung, als Substrat eine Halbleiterscheibe, insbesondere aus Silizium, mit einer oder mehreren darauf angeordneten Schichten zu verwenden. Die Strukturen werden in der obersten Schicht erzeugt. Dieser Fall ist für die Herstellung von Schaltungsstrukturen mit Abmessungen unter  $0,3\ \mu\text{m}$  wichtig.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist geeignet zur Erzeugung feiner Gitter z. B. für Oberflächenwellenfilter. Durch Einsatz von i-line-Lithographie und frequenzverdoppelten Phasenmasken sind  $125\ \text{nm}$  Linien/Spalt Gitter nach diesem Verfahren herstellbar. Damit können konventionelle, gekrümmte und mit Phasensprung versehene Gitter für Halbleiterlaser in der optischen Nachrichtentechnik hergestellt werden.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den übrigen Ansprüchen hervor.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Figuren und der Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Fig. 1 bis Fig. 3 zeigt die Zerlegung eines Gesamtmusters in zwei Teilmuster.

Fig. 4 und Fig. 5 zeigt jeweils die Zerlegung eines

Gesamtmusters in drei Teilmuster.

Fig. 6 und Fig. 7 zeigt die Herstellung von ersten Fotolackstrukturen und von zweiten Fotolackstrukturen, die zur Strukturierung der Oberfläche des Substrats in nur einem Ätzprozeß geeignet sind.

Fig. 8 bis Fig. 10 zeigt die Herstellung von ersten Fotolackstrukturen und zweiten Fotolackstrukturen zur Strukturierung einer Hilfsschicht, die als Ätzmaske zur Strukturierung der Substratoberfläche verwendet wird.

In Fig. 1 ist ein Ausschnitt eines Gesamtmusters dargestellt, in dem Strukturen 1 angeordnet sind. Das Gesamtmuster 1 wird in ein erstes Teilmuster mit Strukturen 11 und in ein zweites Teilmuster mit Strukturen 12 zerlegt. In dem Gesamtmuster 1 sind die Strukturen 11 des ersten Teilmusters alternierend mit den Strukturen 12 des zweiten Teilmusters angeordnet. Der Abstand benachbarter Strukturen 11 des Teilmusters ist dabei doppelt so groß wie der Abstand benachbarter Strukturen 1 des Gesamtmusters.

In Fig. 2 ist der Fig. 1 entsprechende Ausschnitt des ersten Teilmusters 11 dargestellt. Eine erste Maske mit dem ersten Teilmuster 11 wird in dem erfindungsgemäßen Verfahren verwendet.

Fig. 3 zeigt einen Ausschnitt des zweiten Teilmusters 12, der dem in Fig. 1 gezeigten Ausschnitt des Gesamtmusters 1 entspricht. Eine zweite Maske mit dem zweiten Teilmuster 12 wird in dem erfindungsgemäßen Verfahren verwendet.

Fig. 4 zeigt einen Ausschnitt aus einem Gesamtmuster mit Strukturen 2, das in drei Teilmuster zerlegt wird. Alternierend werden jeweils die ersten Strukturen 21 einem ersten Teilmuster, die zweiten Strukturen 22 einem zweiten Teilmuster und die dritten Strukturen 23 einem dritten Teilmuster zugeordnet. Der minimale Abstand benachbarter Strukturen 21 des ersten Teilmusters sowie benachbarter Strukturen 22 des zweiten Teilmusters und benachbarter Strukturen 23 des dritten Teilmusters ist dabei dreimal so groß wie der minimale Abstand zwischen benachbarten Strukturen 2 des Gesamtmusters. In dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine erste Maske mit dem ersten Teilmuster, eine zweite Maske mit dem zweiten Teilmuster und eine dritte Maske mit dem dritten Teilmuster verwendet. Die einzelnen Masken zu diesem Ausführungsbeispiel sind nicht im einzelnen dargestellt.

Fig. 5 zeigt einen Ausschnitt aus einem zweidimensionalen Gesamtmuster mit Strukturen 3. Das Gesamtmuster 3 wird in drei Teilmuster zerlegt. Die Strukturen 31 werden dabei einem ersten Teilmuster, die Strukturen 32 einem zweiten Teilmuster und die Strukturen 33 einem dritten Teilmuster zugeordnet. In dieser Zerlegung beträgt der minimale Abstand zwischen benachbarten Strukturen eines Teilmusters das Doppelte des minimalen Abstandes zwischen Strukturen 3 des Gesamtmusters. Die Strukturen 31 des ersten Teilmusters und die Strukturen 33 des dritten Teilmusters weisen einen Überlappbereich 34 auf, in dem benachbarte Strukturen des ersten Teilmusters und des dritten Teilmusters dieselbe Fläche des Gesamtmusters umfassen. Das Vorsehen des Überlappbereiches 34 ist erforderlich zur Zerlegung konkaver Strukturen 3 des Gesamtmusters. In dem erfindungsgemäßen Verfahren werden eine erste Maske mit dem ersten Teilmuster 31, eine zweite Maske mit dem zweiten Teilmuster 32 und eine dritte Maske mit dem dritten Teilmuster 33, die nicht im einzelnen dargestellt sind, verwendet.

Auf ein Substrat 41 wird ganz flächig eine erste Fotolackschicht aufgebracht (s. Fig. 6). Das Substrat 41 um-

faßt z. B. eine Siliziumscheibe mit einem darauf angeordneten Schichtaufbau, der als oberste Schicht z. B. eine  $\text{SiO}_2$ -Schicht aufweist. Dieses kann auch zur Herstellung von Gittern verwendet werden. Die erste Fotolackschicht besteht z. B. aus einem Positivlack.

Die erste Fotolackschicht wird durch eine erste Maske mit einem ersten Teilmuster belichtet. Im oberen Teil der Fig. 6 ist die Verteilung der Lichtintensität  $I$  über die Lateralkoordinate  $x$  aufgetragen. Durch Entwickeln der belichteten ersten Fotolackschicht entsteht eine erste Fotolackstruktur 42. Durch eine thermische, chemische oder strahlungsinduzierte Nachbehandlung wird die erste Fotolackstruktur 42 gehärtet.

Anschließend wird ganz flächig eine zweite Fotolackschicht 43 aus z. B. Positivlack aufgebracht. Die zweite Fotolackschicht 43 wird durch eine zweite Maske mit einem zweiten Teilmuster belichtet. Die Verteilung der Lichtintensität  $I$  in Abhängigkeit der Lateralkoordinate  $x$  für diese Belichtung ist im oberen Teil von Fig. 7 dargestellt. Die belichtete zweite Fotolackschicht wird entwickelt. Dabei entsteht die zweite Fotolackstruktur 44 (s. Fig. 7). Die Stege der ersten Fotolackstruktur 42 und der zweiten Fotolackstruktur 44 greifen dabei kammartig ineinander. Die erste Fotolackstruktur 42 und die zweite Fotolackstruktur 44 werden gemeinsam als Ätzmaske in einem nachfolgenden Ätzprozeß verwendet, indem in die Oberfläche des Substrats 41 Strukturen geätzt werden. Die Strukturen in der Oberfläche des Substrats 41 sind in dem Gesamtmuster angeordnet, das sich durch Überlagerung des ersten Teilmusters und des zweiten Teilmusters ergibt.

Falls die bei der Strukturierung der Oberfläche des Substrats 41 entstehenden Stege einen geringeren Querschnitt aufweisen sollen, als es dem Querschnitt der Stege der Fotolackstrukturen 42, 44 entspricht, liegt es im Rahmen der Erfindung, mit Hilfe einer isotropen Ätzung laterale Unterätzungen unter die Fotolackstrukturen 42, 44 zu erzeugen.

Die in dem Ausführungsbeispiel verwendeten Fotolackschichten bestehen z. B. aus naßentwickelbarem Lack. Alternativ wird für die Fotolackschichten trockenentwickelbarer oder Zwei- oder Dreilagelack verwendet. In diesem Fall müssen die Fotolackstrukturen 42, 44 mit einer Lackätzmaske aus z. B. Spin-on-glass oder silyliertem Lack versehen werden. Durch Verwendung eines Trockenlackverfahrens kann die Auflösung und Lackflankensteilheit verbessert werden.

Auf ein Substrat 51 wird ganzflächig eine Hilfsschicht aufgebracht. Das Substrat 51 besteht z. B. aus einer Siliziumscheibe mit einem darauf angeordneten Schichtaufbau, der als oberste Schicht z. B. eine Polysiliziumschicht umfaßt. Die Hilfsschicht ist selektiv zur Oberfläche des Substrats 51 ätzbar und besteht z. B. aus  $\text{SiO}_2$ . Auf die Oberfläche der Hilfsschicht wird ganzflächig eine erste Fotolackschicht aufgebracht.

Durch eine erste Maske mit einem ersten Teilmuster wird die erste Fotolackschicht belichtet. Im oberen Teil der Fig. 8 ist die Lichtintensität  $I$  als Funktion der Lateralkoordinate  $x$  aufgetragen. Die erste Fotolackschicht besteht z. B. aus einem Negativlack. Durch Entwickeln der ersten Fotolackschicht wird eine erste Fotolackstruktur 52 erzeugt.

Die erste Fotolackstruktur 52 wird zur Ätzung der Hilfsschicht als Ätzmaske verwendet. Die Hilfsschichtätzung erfolgt z. B. mit  $\text{CHF}_3/\text{O}_2$ -Plasma. Durch Unterätzen der Hilfsschicht selektiv zur Substratoberfläche unter die erste Fotolackstruktur 52 entsteht aus der Hilfsschicht eine erste Hilfsstruktur 531. Die Stege der

ersten Hilfsstruktur 531 können dadurch schmaler sein als die Stege der ersten Fotolackstruktur 52 (s. Fig. 8). Die Strukturen der ersten Hilfsstruktur 531 sind dabei entsprechend dem ersten Teilmuster angeordnet.

Nach Entfernen der ersten Fotolackstruktur 52 wird ganz flächig eine zweite Fotolackschicht aus z. B. Negativlack aufgebracht. Die zweite Fotolackschicht wird durch eine zweite Maske mit einem zweiten Teilmuster belichtet. Die Verteilung der Lichtintensität  $I$  als Funktion der Lateralkoordinate  $x$  bei dieser Belichtung ist im oberen Teil von Fig. 9 dargestellt. Durch Entwickeln der zweiten Fotolackschicht entsteht eine zweite Fotolackstruktur 54 (s. Fig. 9).

Die zweite Fotolackstruktur 54 wird als Ätzmaske verwendet zur Ätzung der ersten Hilfsstruktur 531. Bei der Ätzung der ersten Hilfsstruktur 531 wird zunächst die Oberfläche des Substrats 51 freigelegt. Anschließend erfolgt eine laterale Unterätzung unter die zweite Fotolackstruktur 54. Dabei entsteht eine zweite Hilfsstruktur 532 (s. Fig. 10).

Nach Entfernen der zweiten Fotolackstruktur 54 wird die zweite Hilfsstruktur 532 als Ätzmaske zur Strukturierung der Oberfläche des Substrats 51 verwendet. Die zweite Hilfsstruktur 532 enthält die Strukturen des Gesamtmusters, das sich durch Überlagerung des ersten Teilmusters und des zweiten Teilmusters ergibt.

Die erste Maske und die zweite Maske, die zur Strukturierung der ersten bzw. zweiten Fotolackschicht verwendet werden, sind z. B. Phasenmasken. Dadurch können sehr schmale Gräben erzeugt werden.

Alternativ kann das Ausführungsbeispiel mit einer ersten Fotolackschicht und einer zweiten Fotolackschicht aus Positivlack durchgeführt werden. Dann müssen die Intensitätsverteilungen jeweils um die halbe Periode lateral verschoben werden.

In dieser Ausführungsform können die schmalen Gräben z. B. nach dem aus H. Anne et al, Siemens Review R & D Special (Spring 1991), pp. 23–27 bekannten SICARL-Prozeß erzeugt werden.

Die in diesem Ausführungsbeispiel verwendete Hilfsschicht kann z. B. die Zwischenschicht eines Dreischichtlacksystems sein.

Das Substrat umfaßt dann als oberste Schicht die Bottom-resist-Schicht des Dreischichtlacksystems. Als weitere Alternative besteht die Hilfsschicht aus der Bottom-resist-Schicht eines Zweischichtlacksystems.

Durch die Übertragung des Gesamtmusters zunächst in die Hilfsschicht wird der Kantenkontrast erhöht. Dieses kann zur Verbesserung der Justiergenauigkeit ausgenutzt werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von Strukturen eines Gesamtmusters in der Oberfläche eines Substrats,

- bei dem mindestens eine erste Maske mit einem ersten Teilmuster und eine zweite Maske mit einem zweiten Teilmuster zur Belichtung einer ersten Fotolackschicht und einer zweiten Fotolackschicht verwendet werden, wobei die Überlagerung des ersten Teilmusters mit dem zweiten Teilmuster das Gesamtmuster ergibt und wobei benachbarte Strukturen sowohl im ersten Teilmuster als auch im zweiten Teilmuster einen größeren Abstand aufweisen als benachbarte Strukturen im Gesamtmuster,
- bei dem durch Belichtung unter Verwen-

- dung der ersten Maske und Entwicklung der ersten Fotolackschicht eine erste Fotolackstruktur gebildet wird,  
 — bei dem durch Belichtung unter Verwendung der zweiten Maske und Entwicklung der zweiten Fotolackschicht eine zweite Fotolackstruktur gebildet wird,  
 — bei dem unter Verwendung der ersten Fotolackstruktur und der zweiten Fotolackstruktur als Ätzmasken in mindestens einem Ätzprozeß die Strukturen des Gesamtmusters in der Oberfläche des Substrats gebildet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
 — bei dem auf die Oberfläche des Substrats ganz flächig die erste Fotolackschicht aufgebracht wird,  
 — bei dem nach der Bildung der ersten Fotolackstruktur ganzflächig auf die mit der ersten Fotolackstruktur versehene Oberfläche des Substrats die zweite Fotolackschicht aufgebracht wird,  
 — bei dem die erste Fotolackstruktur und die zweite Fotolackstruktur gemeinsam als Ätzmaske in dem Ätzprozeß zur Bildung der Strukturen des Gesamtmusters verwendet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1,  
 — bei dem auf die Oberfläche des Substrats ganz flächig die erste Fotolackschicht aufgebracht wird,  
 — bei dem nach der Bildung der ersten Fotolackstruktur unter Verwendung der ersten Fotolackstruktur als Ätzmaske ein Ätzprozeß zur Bildung der Strukturen des ersten Teilmusters durchgeführt wird,  
 — bei dem nach Entfernung der ersten Fotolackstruktur ganzflächig die zweite Fotolackschicht aufgebracht wird,  
 — bei dem nach Bildung der ersten Fotolackstruktur unter Verwendung der zweiten Fotolackstruktur als Ätzmaske ein Ätzprozeß zur Bildung der Strukturen des zweiten Teilmusters durchgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem zur Bildung der Strukturen des Gesamtmusters isotrope Ätzprozesse eingesetzt werden, die so geführt werden, daß Unterätzungen unter die erste Fotolackstruktur und unter die zweite Fotolackstruktur entstehen.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
 — bei dem auf die Oberfläche des Substrats vor dem Aufbringen der ersten Fotolackschicht eine Hilfsschicht aufgebracht wird, die selektiv zur Oberfläche des Substrats ätzbar ist,  
 — bei dem in mindestens einem Ätzprozeß unter Verwendung der ersten Fotolackstruktur und der zweiten Fotolackstruktur als Ätzmasken die Hilfsschicht strukturiert wird, wobei Unterätzungen unter die erste Fotolackstruktur und die zweite Fotolackstruktur vorgenommen werden und wobei eine Hilfsstruktur gebildet wird,  
 — bei dem in einem Ätzprozeß unter Verwendung der Hilfsstruktur als Ätzmaske die Oberfläche des Substrats strukturiert wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die Belichtung mit jeder Maske mehrfach mit

jeweils reduzierter Belichtungs-dosis erfolgt, wobei jeweils zwischen zwei Belichtungen die Maske neu justiert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die Belichtung und/oder Entwicklung der Fotolackschichten bei einer Überbelichtungs-dosis und/oder Überentwicklungszeit erfolgt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem die Fotolackschichten aus trocken entwickelbarem Fotolack oder aus einem Zweischichtlacksystem oder aus einem Dreischichtlacksystem bestehen und bei dem an der Oberfläche der Fotolackstrukturen jeweils eine Lackätzmaske gebildet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem als Masken Phasenmasken verwendet werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem als Substrat eine Halbleiterschleife mit mindestens einer darauf angeordneten Schicht verwendet wird und bei dem die Strukturen in der an der Oberfläche angeordneten Schicht erzeugt werden.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

X

FIG 1

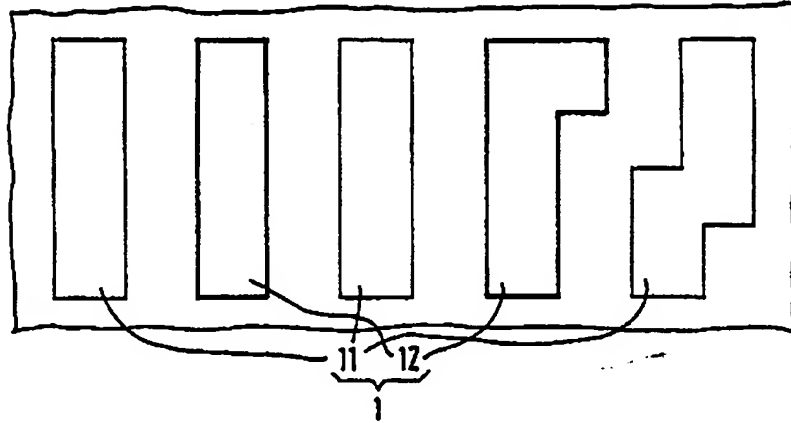


FIG 2

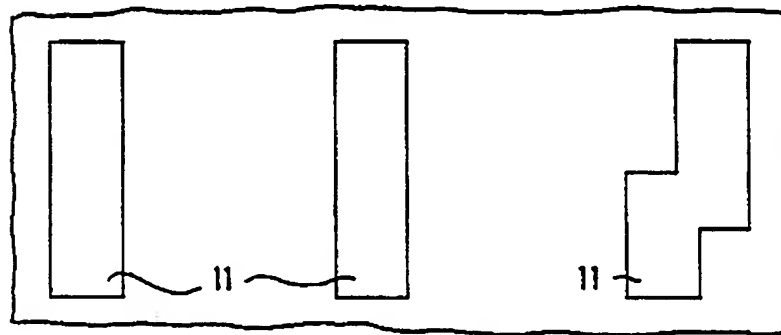
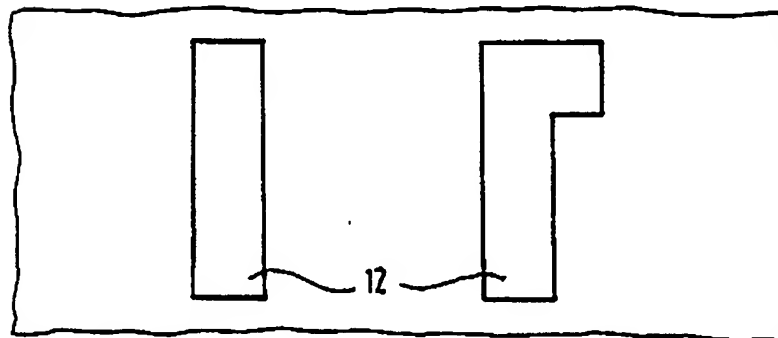


FIG 3



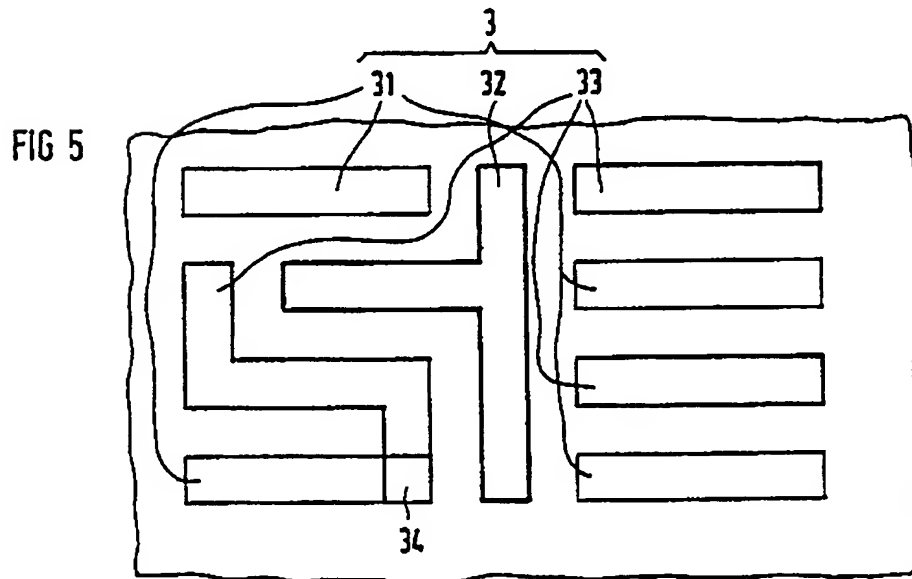
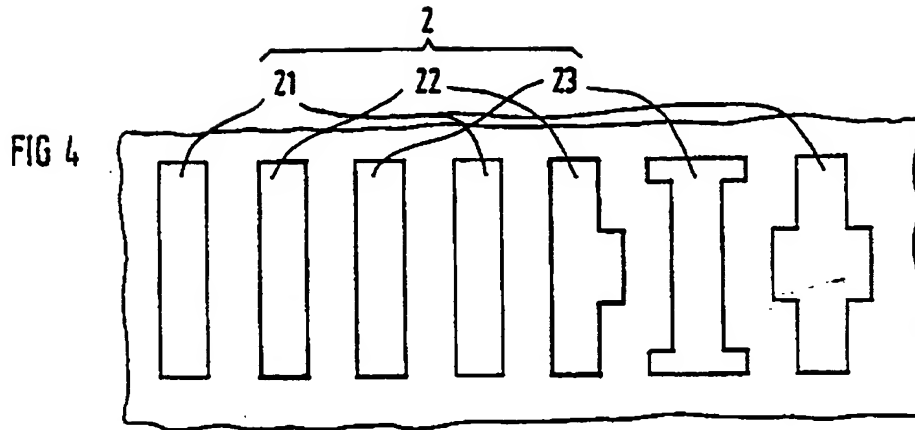




FIG 6

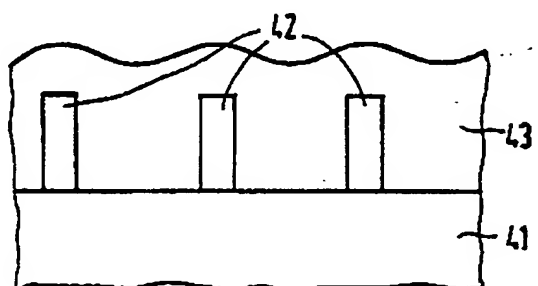
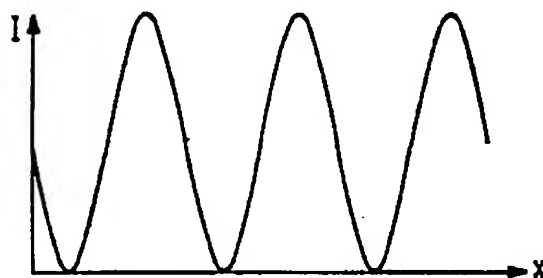


FIG 7

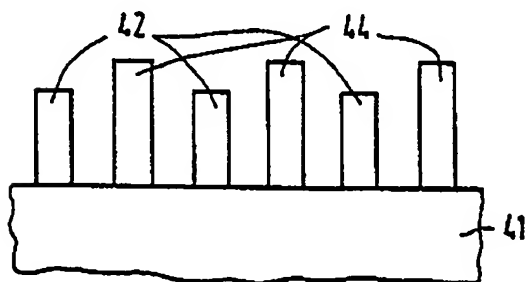
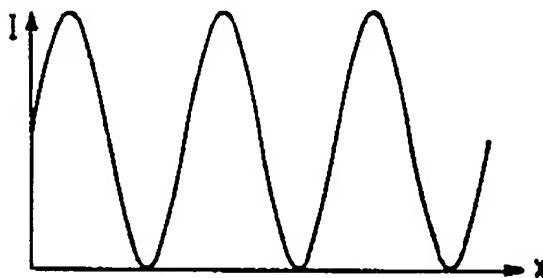


FIG 8

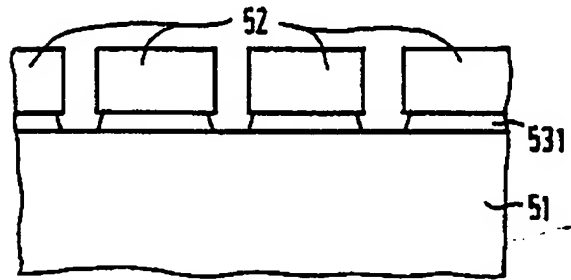
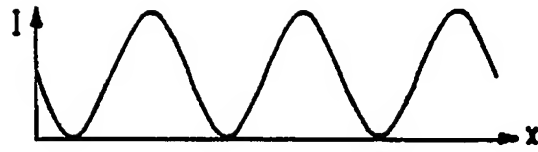


FIG 9

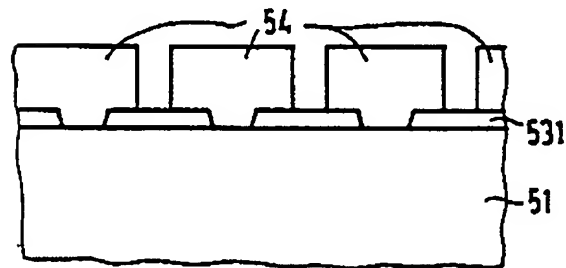
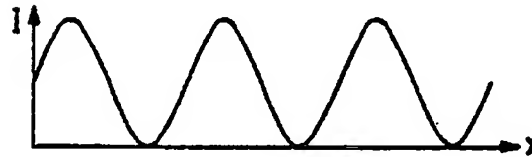


FIG 10

